

文章编号:1000-0615(2007)02-0159-06

## 人工养殖不同年龄史氏鲟的血液生化指标

章龙珍<sup>1</sup>, 庄平<sup>1,2</sup>, 张涛<sup>1</sup>, 李大鹏<sup>3</sup>, 张征<sup>4</sup>, 黄晓荣<sup>1</sup>, 冯广朋<sup>1</sup>

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090;

2. 上海高校水产养殖学E-研究院, 上海水产大学, 上海 200090;

3. 华中农业大学水产学院, 湖北 武汉 430070;

4. 中国水产科学研究院长江水产研究所, 湖北 荆州 434000)

**摘要:**测定了1~5龄5个年龄组的人工养殖史氏鲟血液的总蛋白、血脂、血糖、血清酶和无机离子等共22项血液生化指标。结果显示,1龄史氏鲟总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)和球蛋白(GLB)含量最低,与2~5龄组有显著性差异。5龄史氏鲟GLB最高,且与1~4龄组有显著性差异。1~4龄白蛋白/球蛋白比值(A/G)间无差异,5龄组A/G值显著降低,并与1~4龄组差异显著。随着年龄的增长,胆固醇(CHOL)和高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)逐渐升高,与年龄呈正线性相关且相关性显著( $P < 0.05$ ),5龄HDL-C与1~4龄有显著性差异。所有年龄组中甘油三脂(TRIG)无显著性差异。1~4龄组血糖(G)无显著性差异,5龄组G含量显著降低。尿素氮(BUN)与年龄呈显著负线性相关( $R = -0.3627$ ),但相关性不显著( $P = 0.0815 > 0.05$ )。CREA与年龄呈正线性相关( $R = 0.4154, P = 0.0389$ )。1~4龄总胆红素(T-BIL)无显著性差异,5龄最高。1~4龄组碱性磷酸酶(ALP)、谷草转氨酶(AST)、谷丙转氨酶(ALT)无显著性差异,5龄组显著升高,与1~4龄组差异极显著( $P < 0.01$ )。所有年龄组的乳酸脱氢酶(LDH)和淀粉酶(AMY)无显著性差异。1龄组钠离子( $\text{Na}^+$ )最低,并与2~5龄组有显著性差异,2~5龄组中的 $\text{Na}^+$ 无显著性差异。各年龄组中钾( $\text{K}^+$ )、氯( $\text{Cl}^-$ )、镁( $\text{Mg}^{2+}$ )无显著性差异。

**关键词:**史氏鲟;总蛋白质;血脂;血糖;血清酶;无机离子

中图分类号:S 917.4

文献标识码:A

## Haematological biochemical norm of different age groups of cultured Amur sturgeon (*Acipenser schrenckii*)

ZHANG Long-zhen<sup>1</sup>, ZHUANG Ping<sup>1,2</sup>, ZHANG Tao<sup>1</sup>, LI Da-peng<sup>3</sup>, ZHANG Zheng<sup>4</sup>,  
HUANG Xiao-rong<sup>1</sup>, FENG Guang-peng<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Marine and Estuary Fisheries Certificated by the Ministry of Agriculture of China, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;

2. Aquaculture Division, E-Institute of Shanghai Universities, Shanghai 200090, China;

3. Fisheries College, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

4. Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Jingzhou 434000, China)

收稿日期:2005-04-27

资助项目:国家“八六三”高新技术发展计划(2004AA603110);上海高校水产养殖学E-研究院建设项目(E03009);国家“十五”重点科技攻关计划(2004BA526B0114);农业部海洋与河口渔业重点开放实验室开放课题(开重-03-01)

作者简介:章龙珍(1954-),女,湖北谷城人,研究员,主要从事水生动物生殖生物学和生理学研究。Tel:021-55530954, E-mail: longzhen2885@hotmail.com

**Abstract:** Twenty-two items of blood biochemistry of 1–5 year-old groups of cultured *Acipenser schrenckii* were investigated. The results showed that the values of total protein (TP), albumin (ALB), and globulin (GLB) of 1 year-old group were the lowest, and significantly different from those of 2–5 year-old groups. 5 year-old group showed the highest value of GLB, which was significantly different from those of 1–4 year-old groups. There was no significant difference of the values of ALB/GLB (A/G) among 1–4 year-old groups; however, those values were significantly higher than that of 5 year-old group. The values of cholesterolin (CHOL) and high density lipoprotein cholesterolin (HDL-C) increased with the increase of age, and indicated positive linear dependence ( $P < 0.05$ ), but the value of HDL-C of 5 year-old group was significantly different from that of 1–4 year-old groups. Among all groups, there was no significant difference of the value of TRIG. There was no significant difference of the value of blood glucose (G) of 1–4 year-old groups, and this value of 5 year-old group was the lowest. BUN and age showed remarkable negative linear dependence ( $R = -0.3627$ ), but the relativity was not significant ( $P = 0.0815 > 0.05$ ). CREA and age also showed negative linear dependence ( $R = 0.4154$ ,  $P = 0.0389$ ). There was no significant difference of the values of alkaline phosphatase (ALP), aspartate aminotransferase (AST) and alanine aminotransferase (ALT) among the groups of 1–4 year-old, and those values of 5 year-old group were the highest and significantly different from those of 1–4 year-old groups. There was no significant difference of the values of lactate dehydrogenase (LDH) and amylase (AMY) among all groups.  $\text{Na}^+$  value of 1 year-old group was the lowest and significantly different from that of 2–5 year-old groups; however there was no significant difference of  $\text{Na}^+$  value among 2–5 year-old groups. Among all groups, there was no significant difference of the values of  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  and  $\text{Mg}^{2+}$ .

**Key words:** total protein; blood cholesterolin; blood glucose; serum enzyme; inorganic hydronium; *Acipenser schrenckii*

血液是动物体内的一种极其重要的组织,起着物质运输、生理调节及生理防御等重要功能<sup>[1]</sup>,血液的生理指标能反映物种的属性和动物的生理状态,也能为动物的繁殖生理及病理研究等提供重要的参考依据<sup>[1-2]</sup>。

史氏鲟(*Acipenser schrenckii*)是原产于我国黑龙江流域的一种大型经济鱼类,并已在我国大面积养殖。关于史氏鲟的生物学及繁育技术等已有许多报道<sup>[3-4]</sup>,但迄今尚未见有关血液生化指标研究的报道。本文较系统地对不同年龄人工养殖史氏鲟的血液生化指标进行了研究,为史氏鲟的生物学研究提供血液学基础资料。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究材料

本次实验所用的史氏鲟均为人工繁殖培育所得,各年龄组的史氏鲟苗种在同一人工养殖条件下养殖1~5年<sup>[5]</sup>。

### 1.2 血样的采集、贮存与测定

2002年10月,随机抽取1~5龄史氏鲟各5

尾采血。用5 mL一次性无菌注射器从臀鳍后方尾静脉或尾动脉抽血,将血液注入玻璃采血管中,待血液凝固分层后,用日本HITACHI CREA-21离心机离心( $2\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ )离心10 min,直到分层完全,用移液枪将上层澄清透明的血清转入PT离心管中密封,于 $-80\text{ }^\circ\text{C}$ 低温保存,24 h内用Olympus AU600全自动生化分析仪进行血液生化指标测定。

### 1.3 统计分析

试验数据通过STATISTICA(Version 6.0)统计软件(StatSoft, Inc.)进行处理分析,利用方差分析(One-Way ANOVA)来检验各年龄组指标间的显著性,利用最小极差法(LSD)进行多重比较,运用一般回归模型(GRM)进行相关分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 蛋白质组成

1龄史氏鲟血液中总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)和球蛋白(GLB)含量最低,与2~5龄组有显著性差异,2~4龄组TP和GLB相对稳定,

组间无显著性差异,5 龄史氏鲟 TP、GLB 显著升高,与 1~4 龄组有显著性差异,2~5 龄 ALB 无显著性差异。1~4 龄白蛋白/球蛋白比值(A/G)无差异,5 龄组 A/G 值显著降低,与 1~4 龄组差异显著( $P < 0.05$ )(表 1)。

## 2.2 血脂组成

从各年龄组史氏鲟血液中胆固醇(CHOL)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)和甘油三酯(TRIG)的浓度变化看,随着年龄的增长,CHOL 和 HDL-C 逐渐升高,与年龄呈正线性相关且相关性显著( $P < 0.05$ ),5 龄史氏鲟 HDL-C 与 1~4 龄有显著性差异。1~4 龄血液中 TRIG 呈上升趋势,并在 5 龄有所下降,但各年龄组间无显著性差异(表 1)。

## 2.3 血糖及代谢产物

1~4 龄组血糖(G)含量高,相对稳定,组间

无显著性差异,5 龄组 G 含量显著降低(表 1)。尿素氮(BUN)随着年龄的增长逐步下降,与年龄呈显著负线性相关( $R = -0.3627$ ),但相关性不显著( $P = 0.0815 > 0.05$ )。肌酐(CREA)与年龄呈正线性相关( $R = 0.4154$ ,  $P = 0.0389$ ),5 龄组 CREA 最高(表 1);总胆红素(T-BIL)变化不是十分明显,1~4 龄组无差异,5 龄组最高(表 1)。

## 2.4 血清酶类

1~4 龄史氏鲟血清中的谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)无显著性差异,但 5 龄组 ALT、AST 显著升高,与 1~4 龄组有极显著差异( $P < 0.01$ ),AST 活性较 ALT 高出许多。碱性磷酸酶(ALP)5 龄组显著升高,与 1~4 龄有显著差异(表 1);5 龄组乳酸脱氢酶(LDH)活性未测定,就总体趋势来看,LDH 和血淀粉酶(AMY)各年龄组活性无显著性差异( $P > 0.05$ )(表 1)。

表 1 不同年龄史氏鲟血液生化指标的比较

Tab.1 Comparison of biochemical indices of different age groups of cultured *Acipenser schrenckii*

指标 indices	年 龄 age				
	1	2	3	4	5
总蛋白 TP( $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	16.68 ± 2.63 <sup>a</sup>	26.54 ± 6.07 <sup>b</sup>	29.06 ± 3.33 <sup>b</sup>	30.82 ± 3.37 <sup>bc</sup>	37.04 ± 10.01 <sup>c</sup>
白蛋白 ALB( $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	8.02 ± 1.40 <sup>a</sup>	12.36 ± 2.69 <sup>b</sup>	13.98 ± 2.28 <sup>b</sup>	14.76 ± 1.30 <sup>b</sup>	14.64 ± 2.88 <sup>b</sup>
球蛋白 GLB( $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	8.66 ± 1.25 <sup>a</sup>	14.18 ± 3.45 <sup>b</sup>	15.08 ± 1.87 <sup>b</sup>	16.06 ± 2.55 <sup>b</sup>	22.40 ± 7.41 <sup>c</sup>
白蛋白/球蛋白 A/G	0.92 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.88 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.93 ± 0.16 <sup>a</sup>	0.93 ± 0.14 <sup>a</sup>	0.68 ± 0.15 <sup>b</sup>
胆固醇 CHOL( $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	1.19 ± 0.33 <sup>a</sup>	1.49 ± 0.39 <sup>ab</sup>	1.79 ± 0.54 <sup>ab</sup>	1.94 ± 0.80 <sup>ab</sup>	2.16 ± 0.75 <sup>b</sup>
甘油三酯 TRIG( $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	3.40 ± 0.76 <sup>a</sup>	4.53 ± 0.78 <sup>a</sup>	5.09 ± 3.44 <sup>a</sup>	7.25 ± 5.48 <sup>a</sup>	4.60 ± 3.11 <sup>a</sup>
高密度脂蛋白胆固醇 HDL-C( $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	0.19 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.20 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.27 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.26 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.44 ± 0.10 <sup>b</sup>
血糖 G( $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	2.93 ± 1.46 <sup>ab</sup>	2.93 ± 0.64 <sup>ab</sup>	3.12 ± 0.71 <sup>a</sup>	3.47 ± 0.45 <sup>a</sup>	1.61 ± 1.54 <sup>b</sup>
肌酐 CREA( $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	22.20 ± 6.94 <sup>a</sup>	32.40 ± 14.81 <sup>ab</sup>	19.60 ± 4.83 <sup>a</sup>	31.20 ± 5.40 <sup>ab</sup>	41.80 ± 18.27 <sup>b</sup>
尿素氮 BUN( $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	2.31 ± 0.67 <sup>a</sup>	1.83 ± 0.48 <sup>ab</sup>	1.59 ± 0.56 <sup>ab</sup>	1.45 ± 1.53 <sup>ab</sup>	0.86 ± 0.51 <sup>b</sup>
碱性磷酸酶 ALP( $\text{U}\cdot\text{L}^{-1}$ )	183.60 ± 60.94 <sup>ab</sup>	246.2 ± 101.1 <sup>a</sup>	129.20 ± 68.75 <sup>b</sup>	232.80 ± 85.76 <sup>ab</sup>	371.00 ± 105.44 <sup>c</sup>
血淀粉酶 AMY( $\text{U}\cdot\text{L}^{-1}$ )	1.25 ± 0.50 <sup>a</sup>	1.40 ± 0.55 <sup>a</sup>	1.75 ± 0.96 <sup>a</sup>	1.20 ± 0.45 <sup>a</sup>	0.80 ± 0.84 <sup>a</sup>
乳酸脱氢酶 LDH( $\text{U}\cdot\text{L}^{-1}$ )	2962.40 ± 1066.38 <sup>a</sup>	3860.80 ± 3512.91 <sup>a</sup>	1547.60 ± 751.57 <sup>a</sup>	2362.20 ± 1653.9 <sup>a</sup>	-
总胆红素 T-BIL( $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	1.96 ± 0.94 <sup>ab</sup>	0.88 ± 0.79 <sup>a</sup>	2.28 ± 0.64 <sup>ab</sup>	1.40 ± 2.24 <sup>a</sup>	3.50 ± 1.13 <sup>b</sup>
谷草转氨酶 AST( $\text{U}\cdot\text{L}^{-1}$ )	509.80 ± 211.84 <sup>a</sup>	334.80 ± 100.26 <sup>a</sup>	181.20 ± 90.59 <sup>a</sup>	207.60 ± 30.06 <sup>a</sup>	1977.80 ± 1265.88 <sup>b</sup>
谷丙转氨酶 ALT( $\text{U}\cdot\text{L}^{-1}$ )	20.00 ± 16.42 <sup>a</sup>	19.20 ± 25.63 <sup>a</sup>	19.00 ± 7.62 <sup>a</sup>	11.20 ± 7.98 <sup>a</sup>	118.40 ± 54.32 <sup>b</sup>
谷草/谷丙(AST/ALT)	33.85 ± 16.62 <sup>a</sup>	33.18 ± 17.17 <sup>a</sup>	11.65 ± 10.03 <sup>b</sup>	24.53 ± 10.75 <sup>ab</sup>	15.71 ± 5.30 <sup>b</sup>
钠 Na( $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	128.20 ± 2.17 <sup>a</sup>	137.40 ± 5.32 <sup>b</sup>	134.75 ± 3.50 <sup>b</sup>	139.00 ± 0.71 <sup>b</sup>	139.20 ± 3.90 <sup>b</sup>
钾 K( $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	1.93 ± 0.52 <sup>a</sup>	1.94 ± 0.36 <sup>a</sup>	2.59 ± 0.56 <sup>a</sup>	2.38 ± 0.57 <sup>a</sup>	2.52 ± 0.45 <sup>a</sup>
氯 Cl( $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	97.40 ± 5.55 <sup>a</sup>	106.2 ± 2.17 <sup>a</sup>	109.00 ± 4.67 <sup>a</sup>	112.00 ± 2.83 <sup>a</sup>	107.20 ± 2.17 <sup>a</sup>
钙 Ca( $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	2.04 ± 0.18 <sup>ab</sup>	2.14 ± 0.18 <sup>bc</sup>	1.98 ± 0.12 <sup>ab</sup>	2.25 ± 0.14 <sup>c</sup>	1.93 ± 0.14 <sup>a</sup>
镁 Mg( $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	0.78 ± 0.37 <sup>a</sup>	0.73 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.78 ± 0.09 <sup>a</sup>	0.85 ± 0.19 <sup>a</sup>	0.95 ± 0.23 <sup>a</sup>
磷 P( $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	3.33 ± 0.51 <sup>ab</sup>	3.51 ± 0.68 <sup>a</sup>	2.25 ± 0.42 <sup>c</sup>	2.55 ± 0.38 <sup>c</sup>	2.82 ± 0.28 <sup>bc</sup>
铁 Fe( $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	0.036 ± 0.016 <sup>a</sup>	0.013 ± 0.005 <sup>b</sup>	0.034 ± 0.013 <sup>a</sup>	0.016 ± 0.001 <sup>b</sup>	0.016 ± 0.004 <sup>b</sup>

注:同一行中参数上方字母不同代表有显著性差异( $P < 0.05$ ),相同则无显著性差异

Notes:the different letters on the parameters in one row stand for significant difference( $P < 0.05$ ); otherwise, the same ones stand for no significant difference

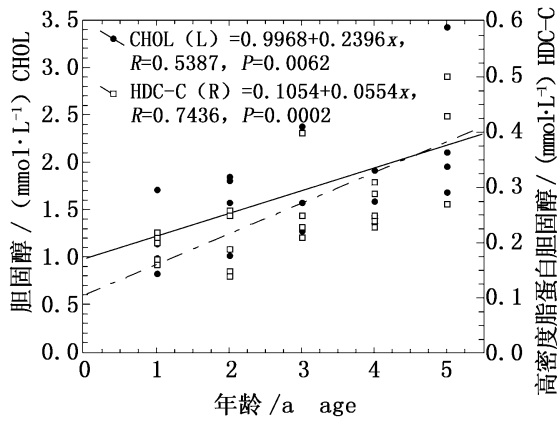


图1 不同年龄组史氏鲟血液胆固醇和高密度脂蛋白胆固醇的变化

Fig. 1 Variations of CHOL and HDL-C values of different age groups of cultured *Acipenser schrenckii*

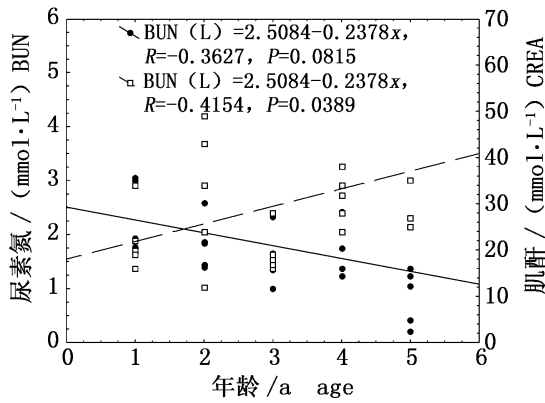


图2 不同年龄史氏鲟尿素氮及肌肝含量的变化  
Fig. 2 Variations of BUN and CREA values of different age groups of cultured *Acipenser schrenckii*

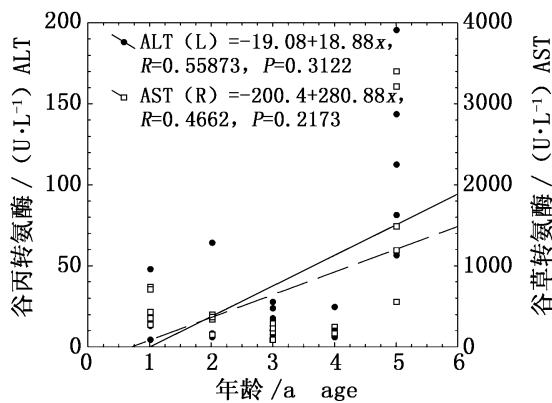


图3 不同年龄史氏鲟血清酶浓度变化

Fig. 3 Variations of ALT and AST concentrations of different age groups of cultured *Acipenser schrenckii*

### 2.5 无机离子组成

不同年龄组史氏鲟血液中离子组成如表1, 1龄组中Na<sup>+</sup>的含量最低,与2~5龄组有显著性差异,2~5龄各组间无显著性差异。Na<sup>+</sup>是主要阳离子,占阳离子的大部分(>95%)。K<sup>+</sup>和Mg<sup>2+</sup>的含量很低(<5%),各年龄组间无显著性差异。血液中Cl<sup>-</sup>占阴离子的大部分(>95%),各年龄组间无显著性差异。P<sup>3+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Fe<sup>3+</sup>变化无太大规律。总体上史氏鲟血液中无机离子的组成是以Na<sup>+</sup>和Cl<sup>-</sup>为主,除1龄组的Na<sup>+</sup>偏低外,各年龄组中各种离子变化相对稳定。

### 3 讨论

#### 3.1 史氏鲟血液生化指标特点

在正常情况下,鱼类体内有机成分的分解代谢与合成代谢保持动态平衡,其在血液中的指标值也相对稳定。通过与其它鱼类的比较(表2),史氏鲟血液在许多指标上有其特殊性,主要表现在以下方面:(1)血糖:现有的研究表明,在鱼体中血糖是处于一种动态平衡,血糖值高低受栖息环境、活动性、投饵等许多因素的影响,一般来说运动活泼的鱼类较运动迟缓或底栖性的鱼类血糖值高,流水环境较静水高。我们测定的史氏鲟的血糖值正是处于较低的水平,低于主要淡水鱼,与高首鲟较为接近<sup>[6-9]</sup>,这与其生活习性(底栖性,行动较迟缓)及养殖环境(水泥池静水)吻合。(2)蛋白组成:白蛋白含量略小于球蛋白,A/G值接近于1(0.87±0.15),TP含量较其它鱼类高,但低于虹鳟鱼(表2)。(3)血脂:史氏鲟血液中的CHOL含量在几种鱼类最低,而TRIG则明显高于其它鱼类,与高首鲟接近(表2)。(4)非蛋白含氮化合物:BUN、CREA和T-BIL与一般鱼类无太大差异。(5)酶类:各种酶类受鱼体的生理状况和环境因子的影响非常大,史氏鲟血液中的AST、ALP高于尼罗罗非鱼而低于虹鳟,同时AST活性比ALT高出许多,这与尼罗罗非鱼和虹鳟鱼的研究结果相一致(表2)。关于血清中AMY活性的研究较少,AMY可作为胰腺病变的指示器,史氏鲟AMY活性较低(<3U·L<sup>-1</sup>),这与尼罗罗非鱼的结果较为一致<sup>[7]</sup>。(6)鱼类血液中离子组成的值,尾崎久雄<sup>[10]</sup>在一些研究的基础上归纳出的范围是:①板鳃鱼类,Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>大多

数在  $200 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  以上,硬骨鱼类在  $150 \sim 200 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  之间;② $\text{K}^+$  一般在  $10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  以下;③ $\text{Ca}^{2+}$  在  $5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  以下;④ $\text{Mg}^{2+}$  比  $\text{Ca}^{2+}$  略少。我们测定的史氏鲟血液中离子成分中  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{P}^{3+}$  的值与尾崎久雄<sup>[10]</sup>归纳的范围偏低, $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{P}^{3+}$  含量与意大利鲟血清离子浓度值非常接近<sup>[11]</sup>。史氏鲟血液中低血糖、低胆固醇和高蛋白含量是血液生化指标突出的特点。

本次实验借鉴医学上方法,对史氏鲟血液的一些有机化学成分进行了测定,结果可作为史氏鲟的正常生理常数参考值。

### 3.2 不同年龄史氏鲟血液生化指标差异

年龄是影响鱼类血液生化指标的一个重要因素<sup>[2,12]</sup>,从人工养殖史氏鲟 1~5 龄 22 项血液生化指标的变化看,G 含量在 1~4 龄间无显著性差

异,保持相对的平衡和稳定,5 龄明显的下降。已有的研究表明,饥饿、环境压力会造成血液中 G 含量降低或升高,饥饿 10 d 的鲤鱼血清中 G、CHOL 较对照组明显降低<sup>[13]</sup>,高盐度下西罗非鱼 G、TP、BUN 较低盐度下高<sup>[14]</sup>。显然人工养殖条件下不存在上述 2 种原因。据邓中焜等<sup>[15]</sup>研究性成熟的中华鲟在溯河洄游完成产卵过程中一直停止摄食,靠体内积累的脂肪维持生命活动和性腺的继续发育。人工养殖 5 龄雄性史氏鲟已经性成熟<sup>[3]</sup>,5 龄组史氏鲟 G 降低应与摄食量有关,接近性成熟的鲟鱼摄食量减少或停止摄食,从而导致 G 含量的降低。说明在人工养殖条件下,史氏鲟 G 含量的降低与性成熟有关。另外一些鱼类如斜带石斑鱼,性成熟鱼的 G 含量比幼鱼高<sup>[16]</sup>,这与史氏鲟不同,说明斜带石斑鱼性成熟时仍然摄食。

表 2 几种鱼血液生化指标比较  
Tab. 2 Comparison of biochemical indices of different species of fishes

种 类 species	G ( $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	CHOL ( $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	TRIG ( $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	TP ( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )	A/G	BUN ( $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	AST ( $\text{U} \cdot \text{L}^{-1}$ )	ALT ( $\text{U} \cdot \text{L}^{-1}$ )	ALP ( $\text{U} \cdot \text{L}^{-1}$ )	文献 references
史氏鲟 <i>Acipenser schrenckii</i>	2.81	1.72	4.97	28.03	0.87	1.78	642.24	37.56	232.56	本文 the paper
高首鲟 <i>Acipenseridae transmontanus</i>	3.58	-	4.59	1.95	-	-	-	-	-	[9]
青 鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>	11.69	-	-	5.62	0.86	1.81	-	-	-	[6]
草 鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	8.76	7.26	3.24	4.60	1.00	1.49	-	-	-	[6]
团头鲂 <i>Megalobrama amblycephala Yih</i>	8.44	5.64	1.77	3.18	0.86	1.24	-	-	-	[6]
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	7.93	3.40	1.59	3.00	0.85	1.05	-	-	-	[6]
鳊 <i>Aristichthys nobilis</i>	11.18	7.53	-	5.40	1.09	1.61	-	-	-	[6]
尼罗罗非鱼 <i>Tilapia nilotica</i>	4.86	6.55	-	3.99	0.49	-	230.50	96.80	24.50	[7]
虹 鳟 <i>Oncorhynchus mykiss</i>	3.95	6.02	3.50	40.80	-	0.76	1593.65	46.68	675.14	[8]

血液中的蛋白质除 1 龄鱼最低外,2~4 龄 TP、GLB 没有随着年龄的增长而升高,而是保持相对稳定,各年龄组间无显著性差异,直到 5 龄时 TP、GLB 才显著升高。有关斜带石斑鱼的研究表明,性成熟的亲鱼与 1 龄幼鱼间有 11 项指标有显著性差异<sup>[16]</sup>,其中 TP、GLB 含量显著性升高,这与本研究结果相一致。5 龄史氏鲟性腺发育趋于成熟,这可能与性腺发育过程中蛋白质合成作用

加快有关。GLB 与血液运输功能有关,生殖期有许多激素需要运输。

血液中的血脂 1 龄鱼含量最低,随着年龄的增长 CHOL、HDL-C 与年龄呈正线性相关,相关性显著。在中华鲟研究中,中华鲟性腺发育靠体内积累大量的脂肪来转化<sup>[15]</sup>,说明体内脂肪的积累是非常重要的。从 1~5 龄史氏鲟的血脂变化看,血脂逐年增高,说明体内的脂肪逐年增多。血脂

中的 HDL-C 在 5 龄时发生显著升高,与 1~4 龄有及显著性差异, HDL-C 显著的升高是否与性成熟有关,将进一步研究证实。

血液中的无机离子,除 1 龄鱼  $\text{Na}^+$  低以外,  $\text{K}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  都没有发生明显的变化,各年龄组无显著性差异,  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{P}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$  离子变化无规律。根据已有的研究表明,  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  离子是血液离子的重要组成部份,分别占阳离子和阴离子的 95% 以上,对于维持血浆渗透压和酸碱平衡,保持内环境的稳定上起着重要的作用。1 龄鱼  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  偏低可能是与史氏鲟幼鱼渗透压机制尚未发育成熟有关。

1~5 龄鱼血清酶类呈现不同的变化规律, AMY、LDH 不随年龄的变化而发生变化,保持相对的稳定。ALP、AST、ALT 的含量在 1~4 龄间无显著性差异,5 龄时显著升高。ALT 和 AST 是广泛存在于动物细胞线粒体中的重要氨基转移酶,肝细胞中含量最高。在正常情况下,肝细胞内的转氨酶只有少量被释放到血浆中,因此,血清中的转氨酶活性较小。当肝脏组织病变而引起肝细胞膜通透性增加,细胞内的转氨酶大量释放出来进入血浆,引起血清中 ALT 和 AST 浓度的升高。ALP 在肾脏肾小管上皮细胞含量较多,肾脏的损害也会导致 ALP 的升高<sup>[17]</sup>。根据研究结果,5 龄史氏鲟血液生化指标中有关血清酶升高的原因尚不十分清楚,还有待于进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 施琰芳. 鱼类生理学[M]. 北京:农业出版社, 1991.
- [2] 周玉,郭广场,杨振国,等. 鱼类血液学指标研究的进展[J]. 上海水产大学学报, 2001, 10(2): 163-165.
- [3] 章龙珍,庄平,张涛,等. 人工养殖施氏鲟性腺发育观察[J]. 中国水产科学, 2002, 9(4): 323-327.
- [4] 庄平,李大鹏,王明学,等. 养殖密度对史氏鲟稚鱼生长的影响[J]. 应用生态学报, 2002, 13(6): 735-738.
- [5] 庄平,张征,章龙珍,等. 史氏鲟南移驯养及生物学研究 V. 鱼池水质的变化与管理[J]. 淡水渔业, 1999, 29(12): 3-6.
- [6] 许品诚,曹萃禾. 湖泊围养鱼类血液学指标的初步研究[J]. 水产学报, 1989, 13(4): 346-352.
- [7] 张贤刚. 水温对尼罗罗非鱼几种血液指标影响的初步研究[J]. 淡水渔业, 1991, 21(2): 15-17.
- [8] Jiri R, Bohumil M. Effect of lecithin on the haematological and condition indices of the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) [J]. Aquaculture Research, 2003, 34: 617-627.
- [9] Silas S O, Liu W, Li H B. Effect of starvation on some morphological and biochemical parameters in white sturgeon, *Acipenser transmontanus* [J]. Aquaculture, 1997, 151: 357-363.
- [10] 尾崎久雄. 鱼类血液与循环生理[M]. 上海:上海科学与技术出版社, 1982.
- [11] Cataldi E, Di M P, Mandich A, et al. Serum parameters of Adriatic sturgeon *Acipenser naccarii* (Pisces: Acipenseriformes): effects of temperature and stress [J]. Comparative Biochemistry and Physiology, 1998, 121A: 351-354.
- [12] 陈晓耘. 鱼类的血液[J]. 重庆师专学报, 2000, 19(3): 70-73.
- [13] Harikrishnan R, Nisha R M, Balasundaram C. Hematological and biochemical parameters in common carp, *Cyprinus carpio*, following herbal treatment for *Aeromonas hydrophila* infection [J]. Aquaculture, 2003, 221: 41-50.
- [14] Brad R L, James A B, Roger S F, et al. Hematologic and blood chemistry values for *Sarotherodon melanotheron* and a red hybrid tilapia in freshwater and seawater [J]. Comparative Biochemistry and Physiology, 1990, 97A(4): 525-529.
- [15] 邓中彝,余志堂,许蕴珩,等. 中华鲟年龄鉴别和繁殖群体结构的研究[J]. 水生生物学报, 1985, 9(2): 99-109.
- [16] 张海发,王云新,林蠡,等. 斜带石斑鱼血液性状及生化指标的研究[J]. 华南师范大学学报(自然科学版), 2004, 1: 102-107.
- [17] 冯健,刘永坚,田丽霞,等. 草鱼实验性镉中毒对肝胰脏、肾脏骨骼的影响[J]. 水产学报, 2004, 28(2): 195-200.